

L'EXPÉRIMENTAL DANS LA CLASSE

Daniel Beaufils
Claudine Larcher

que recouvre
le terme
"expérimental" ?

Ce numéro interroge la place qui peut être faite à "l'expérimental" dans la classe en référence avec les pratiques des scientifiques ; il interroge aussi le terme "expérimental" lui-même, les significations qu'on lui accorde, ce qu'il recouvre et ce qu'il exclut, les liens qu'il établit avec la manipulation, la familiarisation, la théorie, la simulation, l'observation et la technique dans une démarche scientifique. C'est cet ensemble d'interrogations qui est traité ici, et qui donne un reflet de l'état de la réflexion actuelle sur l'importance à accorder dans l'enseignement à la manipulation, aux concepts, aux techniques, aux démarches.

S'appuyant sur un ensemble de travaux antérieurs, tant en France qu'à l'étranger, qui apparaissent dans leur bibliographie, les contributions à ce numéro d'*Aster* apportent des clarifications sur les enjeux, explorent de nouveaux dispositifs, en repèrent les logiques et les contraintes, discutent la spécificité des disciplines dans leur relation à l'expérimental, renouvellent les problématiques de la résolution de problème, proposent d'autres outils d'analyse engageant dans une vision critique et une pratique réflexive.

importance des
expériences
dans
l'enseignement
depuis
des décennies

Peut-être faut-il rappeler tout d'abord que l'importance des expériences pour l'enseignement des sciences a été soulignée depuis des décennies et, que si une évolution a marqué sans aucun doute l'enseignement depuis la réforme de 1902 notamment, la problématique de la fonction et de la place de l'expérience dans l'enseignement est toujours d'actualité. L'étude des manuels scolaires, témoins des idées qui prévalent au cours du temps, est à ce titre particulièrement intéressante.

l'étude
des manuels
scolaires
en témoigne

Que ce soit en physique ou en biologie, certaines des expériences présentées dans les manuels sont pérennes. Elles se retrouvent avec une singulière régularité malgré les changements de programme ou de pratiques préconisées et même malgré l'évolution des techniques. Pourtant leur présentation, leur place dans la démarche d'enseignement, leur rôle épistémologique ont pu varier au cours des âges. C'est ce qu'a voulu montrer D. Galiana en analysant, dans les manuels de 1850 à 1996, l'enseignement proposé dans le champ du concept de photosynthèse. Son analyse du statut de ces expériences lui fait remarquer que le saut entre ce qui peut être raisonnablement déduit de l'expérience et ce qui est institutionnalisé comme connaissance est parfois fait sans grande précaution ; entre un dogmatisme affiché et un pseudo raisonnement démonstratif, peut-être

des expériences
prototypiques
dans la mémoire
des futurs
professeurs
des écoles...

...qui retiennent
surtout
une démarche
empiriste

le traitement de
l'expérimental
n'est pas
le même dans
les SVT et dans
les sciences
physiques

faudrait-il faire une place à la délimitation des apports d'une expérience.

Certaines expériences sont prototypiques, incontournables en quelque sorte, dans les pratiques de classe et laissent des traces communes dans les mémoires comme le notent R. Flageul et M. Coquidé à partir des entretiens qu'ils ont menés auprès des futurs professeurs d'école. Ces expériences ou ces études d'objets restent particulièrement représentatives de l'"expérimental" sans d'ailleurs qu'aucune distinction soit faite sur la fonction qu'elles assuraient dans le contexte de leur mise en œuvre. L'activité expérimentale reste avant tout, dans les représentations que s'en font les personnes interrogées, une activité pratique. La place qu'y prennent le raisonnement et la créativité est peu reconnue ou peu citée. L'approche relève plus souvent d'un point de vue empiriste que d'un point de vue hypothético-déductif ou réfutationniste. R. Flageul et M. Coquidé proposent un tableau des représentations-obstacles partagées par ces enseignants en formation.

La différenciation entre des finalités multiples des pratiques expérimentales, le repérage d'un projet de pratique par rapport à ces différentes finalités pour en assurer la cohérence, sont sans doute des aspects de la formation à prendre en charge.

La complexité de l'expérimental, en particulier dans le domaine des sciences de la vie et de la Terre, est au cœur des préoccupations dans plusieurs contributions.

Les sciences physiques cherchent à isoler les phénomènes élémentaires et peuvent produire des expériences de laboratoire où certains paramètres sont fixés de façon à réduire la phénoménologie à celle que l'on veut étudier ; ces expériences restent tout à fait pertinentes parce que les lois de la nature sont postulées invariables dans un large domaine d'échelle d'espace et de temps, et parce que les lois cherchées sont généralement indépendantes de l'histoire du système. Ainsi il est possible d'étudier la chute libre ou les chocs en reproduisant les phénomènes à l'échelle spatiale de la paille et l'échelle temporelle de la séance de travaux pratiques. En biologie et en géologie un grand nombre de questions ne peuvent conduire à des expérimentations réalisables en classe ; la complexité des systèmes qui ne peuvent se ramener à un "échantillon" de laboratoire ou à un déroulement temporel à l'échelle humaine, les contraintes liées à l'étude du vivant, introduisent une spécificité de ces disciplines.

C'est cette "résistance du réel" qui est au cœur des préoccupations de M. Coquidé, P. Bourgeois-Victor et B. Desbeaux-Salviat. Elles proposent aux élèves, dans le cadre d'une option de sciences expérimentales en Première S, une activité relevant d'un mode d'investigation empirique et analysent les difficultés qu'ils rencontrent et celles qu'ils disent avoir

difficultés
rencontrées par
les élèves de 1^{er} S
en pratique
expérimentale
de biologie

rencontrées et donc identifiées. Leur observation concernant le déficit d'esprit critique, la tendance à la généralisation hâtive converge avec celle de D. Galiana.

Cette activité novatrice par rapport aux pratiques courantes qui proposent un réel aménagé guidant vers un modèle institutionnalisé fait ressortir les contraintes du contrat didactique mais aussi l'importance de la disponibilité d'une "matrice cognitive" (M. Coquidé *et al.*) pour traiter un problème expérimental.

multiplicité des
savoirs à mettre
en œuvre

R. Rodriguez et P. Schneeberger analysent les démarches que mettent en œuvre des élèves de Première S de la région bordelaise dans une investigation scientifique portant sur les levures et la fermentation alcoolique, dans le cadre de l'option sciences expérimentales. Formulation et traitement du problème sont à la charge des élèves après visite d'un chai. Différentes stratégies ont pu être observées et caractérisées.

Cette étude montre les difficultés que rencontrent les élèves du fait de la multiplicité des savoirs à mettre en œuvre pour mener une investigation raisonnée : ressources hors champ disciplinaire (en mathématiques, en physique, en chimie), compétences techniques de laboratoire, compétences méthodologiques (anticipation, vérification de la reproductibilité des faits, retour critique, rôle du cahier d'expérience), tout doit s'articuler...

articulation
entre travaux
de laboratoire et
de terrain chez
un expert...

C'est aussi l'articulation entre travaux de laboratoire et travaux de terrain, ainsi que la notion d'expertise qui est analysée par C. Orange *et al.* Ils interrogent un chercheur en pétrologie et minéralogie qui parle de sa relation au terrain, de l'articulation entre le réel de terrain et le réel de laboratoire, du long trajet qui mène à l'expertise, de la difficulté à communiquer cette expertise.

...et chez des
élèves de 1^{er} S

Cette pratique de référence leur sert de cadre pour analyser le comportement d'élèves de Première S engagés dans une tâche d'analyse de terrain. Ils montrent que si les élèves satisfont au contrat scolaire, ce n'est pas forcément en ayant réellement traité la question qui leur était soumise. Les auteurs décalent le questionnement habituel centré sur la résolution de problème en mettant l'accent sur la construction même du problème et ce que nécessite cette construction, renouvelant ainsi la problématique de sa dévolution.

L'importance des savoirs pratiques dans la lecture des faits, la multiplicité des savoirs, la complexité de ces savoirs et de leur articulation dans cette construction les font ainsi s'interroger sur la place et le rôle des investigations empiriques dans l'enseignement de la biologie et de la géologie.

L'impact de l'évolution des moyens d'enseignement, des matériels didactiques mis à disposition des enseignants, est aussi abordé dans cet ouvrage. On sait leur importance en physique par exemple, où les dispositifs *ad hoc*

impact de
l'évolution
des moyens
d'enseignement,
en particulier de
l'informatique

rapport au réel
modifié

en sciences
physiques
au lycée, définir
et distinguer
les compétences
de type
bureautique
et celles
spécifiques
aux sciences...

... et les évaluer

deviennent des guides invariables d'activités manipulatoires dès lors elles-mêmes invariables. On sait aussi l'importance des moyens audiovisuels utilisés dans l'enseignement de la biologie-géologie. L'évolution se poursuit avec la mise à disposition du professeur de moyens informatiques, qu'il s'agisse de logiciels d'acquisition et traitement de mesures ou de simulation, d'accès au réseau Internet ou de la possibilité de concevoir des guides d'activité et des aides interactives. Le recours à des simulations sur modèles numériques, à l'analyse de résultats expérimentaux disponibles par des banques de données vient reposer la question de la nature même des activités scientifiques. Le rapport au réel est évidemment modifié et les objectifs d'apprentissages tant manipulatoires que cognitifs sont eux-mêmes autres. Cette évolution offre un champ d'investigation encore peu exploré parce que ce type d'étude ne peut généralement se faire sans action de production.

Notons ici que l'utilisation de moyens informatisés en classe n'est ni sans fondement en terme de pratiques scientifiques de référence, ni sans enjeu sur l'évolution des objectifs d'acquisition de savoirs et de savoir-faire, et sur les processus d'apprentissage.

Deux contributions interrogent ainsi l'usage de l'informatique dans les travaux pratiques.

D. Beaufils, H. Richoux et C. Camguilhem repèrent, dans le cadre des sciences physiques au lycée, les compétences nécessaires à la conduite de la tâche en distinguant celles qui sont générales, de type bureautique, et celles qui sont plus spécifiques aux sciences, savoirs et savoir-faire, et que l'on peut considérer devoir être acquises en fin de cycle scientifique du lycée. Leur analyse des protocoles de TP proposés aux élèves de lycée montre le risque d'un appauvrissement des tâches laissées à la charge des élèves lorsque l'usage de l'outil informatique se traduit par une multitude des consignes techniques.

Cette question curriculaire de définition des compétences requises à l'entrée au lycée, à acquérir ou exigibles en fin de parcours, comporte également celle de l'évaluation : pour que leur exigence soit crédible, il faut se donner les moyens de les évaluer comme les autres compétences. Leur identification et leur différenciation peuvent permettre de répartir la prise en charge de ces apprentissages sur différentes disciplines et de clarifier les prérequis à un niveau scolaire donné. Les activités pourraient alors être mieux définies et recentrées sur la maîtrise progressive des outils de recueil et de traitement de données incluant un esprit critique sur leur choix et leurs limites.

La préoccupation de Y. Cartonnet recoupe celle de D. Beaufils *et al.* bien que sa problématique, comparative, soit assez différente.

à propos
d'un problème
de génie
mécanique
en licence,
évaluation de
la maîtrise de
l'instrument
informatique

Il évalue la maîtrise de l'utilisation d'un instrument informatique dans un problème de génie mécanique en licence ; pour cette évaluation, il distingue, avec Rabardel, dans la maîtrise instrumentale deux types de schèmes : le schème d'action instrumentée pour lequel l'instrument est un moyen de réalisation et le schème d'action qui s'inscrit dans le premier et inclut des tâches "secondes" liées à un matériel particulier.

Dans les deux cas, c'est bien l'acquisition de la maîtrise de l'instrument et de ses performances qui est en jeu, au-delà des compétences de simple usage qui s'interposent obligatoirement et qui ont tendance à masquer les objectifs cognitifs. Ce problème est d'ailleurs aussi évoqué par M. Coquidé *et al.*

pour aider
l'enseignant à
faire démarrer
des manipula-
tions différentes
suivant
les élèves :
un outil
multimédia

Dans l'étude de Y. Cartonnet, une autre préoccupation est prise en compte : l'usage possible des nouvelles technologies comme aide pour l'enseignant chargé de faire démarrer les manipulations différentes des différents groupes d'élèves. Chaque enseignant confronté à ce problème apprend à gérer des priorités, à organiser son parcours entre les différents groupes pour que chacun puisse commencer son recueil de données avec un minimum d'information sur le fonctionnement de l'appareil qu'il va manipuler. Il n'empêche que dans cette phase initiale les sollicitations sont nombreuses. Un outil multimédia peut en partie jouer ce rôle de présentation du dispositif à manipuler. C'est dans cette perspective que le logiciel d'Assistance MultiMedia Interactive (AMMI) a été construit et testé.

distinction
expérience
expérimentation

Deux contributions, celle de V. Koulaidis et A. Tsatsaroni et celle de M. Arca, discutent la distinction entre expérience et expérimentation.

à travers
la relation
observation-
théorie

Celle de V. Koulaidis et A. Tsatsaroni revisite différentes positions épistémologiques sur la relation entre observation et théorie. Ils tentent de situer les modèles et les simulations dans leur place respective dans le champ de la pratique et discutent la relation entre le virtuel, le réel, le valide et le non-valide, le particulier et le général. Leur point de vue épistémologique débouche sur une discussion sur les conséquences pour l'enseignement scientifique du point de vue qu'ils développent.

passage de
l'expérience à
l'expérimenta-
tion chez des
jeunes élèves

M. Arca envisage quant à elle le passage de l'expérience à l'expérimentation en s'appuyant sur quelques exemples issus d'observation auprès de jeunes élèves.

On retrouve de nombreux aspects évoqués dans d'autres contributions : les connaissances nécessaires pour qu'une expérience ne soit pas une pseudo démonstration, la lecture imposée d'une expérience, la multiplicité des buts d'un travail expérimental proposé aux élèves, la construction progressive d'un système explicatif par accumulation d'expériences par opposition à une expérience supposée "cruciale", le lien entre observation et intervention ; elle

deux axes forts
d'investigation

soulève en particulier le problème de faire comprendre comment ce qu'on provoque informe sur ce qui se produit naturellement.

Derrière la diversité des niveaux d'enseignement et des domaines scientifiques abordés, et celle des types de contribution, se dégagent deux axes forts d'investigation. Le premier concerne la place d'un référent empirique, la diversité des savoirs impliqués dans l'interrogation du monde, le rôle du quantitatif et de l'instrumentation dans les activités scientifiques. Le second concerne la production, l'objectivation et la caractérisation des activités proposées aux élèves dans la classe.

Bien évidemment, des questions restent à retravailler.

des questions
à approfondir

La spécificité des sciences de la vie et de la Terre quant à la multiplicité et la complexité des savoirs à mettre en œuvre dans l'exploration du monde pourrait être rediscutée et précisée à partir de travaux en sciences physiques.

Sous le qualificatif "empirique" apparaissent ainsi des sens et des usages différents, parfois contradictoires. Plusieurs articles dans ce numéro peuvent servir de base à une réflexion sur l'usage de ce terme.

Enfin, plusieurs cadres théoriques sont présentés, analysés, utilisés. Au-delà de la terminologie employée, ils seraient à situer les uns par rapport aux autres pour en analyser les différences, les convergences et la productivité pour de nouvelles problématiques.

Daniel BEAUFILS
IUFM de l'académie de Versailles

Claudine LARCHER
Unité "Didactique des sciences
Expérimentales", INRP